

QUELQUES ASPECTS DU PROBLEME DE L'ECHANTILLONNAGE DU PLANCTON MARIN *

par A. BOURDILLON

*Faculté des Sciences de Marseille
et Station Marine d'Endoume*

S'il est relativement aisé, au moins en général, de capturer des organismes planctoniques en vue d'études morphologiques ou anatomiques, il est beaucoup plus difficile de prélever un ensemble d'organismes constituant un échantillon représentatif des populations planctoniques présentes dans le milieu considéré, d'autant plus que, dans l'immense majorité des cas, le prélèvement de cet échantillon se fera à l'aveuglette, sans que l'opérateur puisse contrôler *de visu* la validité de son échantillonnage.

Le prélèvement de ces échantillons de plancton s'effectue actuellement selon deux méthodes principales.

La méthode la plus simple et, *à priori*, la plus valable, consiste à isoler, dans le milieu marin dont on veut étudier les populations planctoniques, un certain volume d'eau, à le prélever et à l'analyser en ce qui concerne la flore (phytoplancton) et la faune (zooplancton) qu'il contient. On peut ainsi connaître le nombre d'individus des diverses espèces représentées dans ce volume-échantillon et, par là, évaluer la densité des populations constituées par ces espèces dans l'ensemble de la zone prospectée.

Cependant cette méthode présente deux inconvénients liés aux particularités de la répartition spatiale des organismes planctoniques :

a) Les appareils de prélèvement du volume-échantillon dérivent en général des bouteilles de prélèvement d'eau utilisées en océanographie physique. Or, pour des

* Rapport présenté au colloque sur les *Méthodes d'Echantillonnage en écologie animale*, tenu à Paris les 29 et 30 mars 1963.

raisons pratiques, le volume ainsi prélevé est faible, souvent quelques litres, éventuellement quelques dizaines de litres. Seuls sont donc bien représentés dans ces échantillons les organismes dont les populations sont suffisamment denses dans le milieu marin prospecté, ce qui est souvent le cas pour l'ensemble du nannoplancton (dimensions inférieures à 50 μ) et tout particulièrement pour le phytoplancton. Cette méthode d'échantillonnage est d'ailleurs celle qui donne les meilleurs résultats pour l'étude quantitative des populations phytoplanctoniques (TRAVERS, 1962).

Par contre, les populations zooplanctoniques, constituées surtout par des organismes de dimensions assez grandes (microplancton, mésoplancton, macroplancton) sont beaucoup moins denses que dans le cas précédent et, de ce fait, fort mal représentées dans les faibles volumes ainsi recueillis. En outre, la plupart de ces animaux planctoniques sont capables de déplacements actifs et évitent facilement d'être capturés par l'appareil de prélèvement d'eau.

Il est vrai qu'on peut remédier à cette insuffisance du volume échantillon par l'utilisation d'une pompe qui permet de prélever un volume d'eau aussi important que l'on désire. Cependant à côté de divers défauts dus, en général, à leur trop faible puissance d'aspiration, les pompes présentent aussi celui de ne pouvoir être utilisées que pour des prélèvements à faible profondeur, inférieure à 100 mètres (ARON, 1962).

b) La répartition spatiale du plancton n'est pas homogène dans le milieu, mais, au contraire, est caractérisée par la formation d'essaims à forte densité de population, séparés par des zones à faible densité. Cette hétérogénéité de la répartition diminue évidemment la validité d'un seul échantillon et rend souvent nécessaire la répétition des prélèvements.

L'autre méthode consiste, non pas à isoler un certain volume d'eau pour le prélever, mais à filtrer l'eau *in situ* en traînant dans le milieu liquide, soit verticalement, soit horizontalement, soit obliquement, un filet à plancton, le plus souvent de forme tronconique, à la partie postérieure duquel s'accumulent les organismes qui vont constituer l'échantillon. Ce procédé, très classique, présente de multiples avantages d'ordre pratique. En outre, il permet la filtration d'un volume d'eau important et peut être employé pour les plus grandes profondeurs. Aussi est-il largement répandu et les types les plus variés de filets à plancton

sont-ils largement utilisés, y compris les filets haute vitesse de conception relativement récente. Parmi ces derniers, il convient de citer, en particulier, le très ingénieux *Continuous Plankton Recorder* de HARDY (figure 1) qui, confié aux bateaux des lignes commerciales régulières et trainé horizontalement, effectue automatiquement un prélèvement continu du plancton : les organismes capturés viennent adhérer à une bande de gaze qui se déroule lentement et enregistre ainsi les fluctuations de densité des populations rencontrées au cours du trajet.

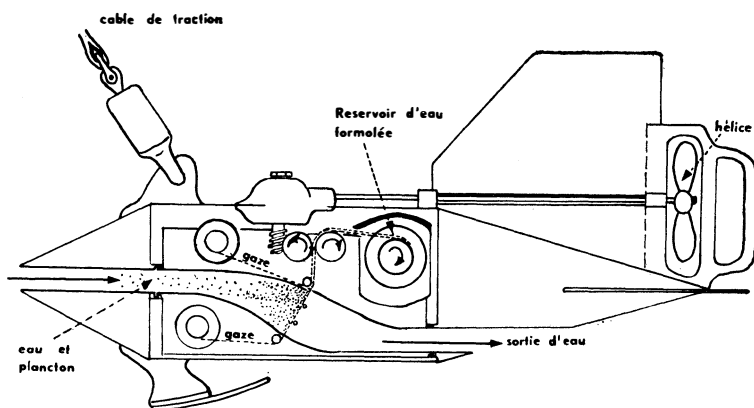


Fig. 1. — Le *Continuous Plankton Recorder*. D'après HARDY (1939).

Cependant, si ces filets à plancton permettent d'obtenir des échantillons souvent importants des populations planctoniques rencontrées au cours du trait, ceux-ci ne reflètent qu'imparfaitement les caractéristiques de ces populations et tout particulièrement leur densité, dont l'évaluation constitue l'objectif principal de la plupart des recherches quantitatives sur le plancton. Ceci est dû surtout à quatre sources d'erreur : erreur d'essaim, efficacité du système de fermeture du filet, erreur sur l'évaluation volumétrique de l'eau filtrée, sélection qualitative.

L'erreur d'essaim provient de la répartition hétérogène du plancton dans le milieu liquide. Déjà signalée plus haut, cette source d'erreur persiste dans le cas de l'échantillonnage par les filets à plancton et conduit à une variabilité souvent importante des évaluations de la densité des populations planctoniques d'un même secteur. Cette variabilité pourrait atteindre jusqu'à 300 % (CUSHING, 1962).

Lorsqu'on veut prélever un échantillon représentatif

des populations planctoniques vivant à une certaine profondeur, il faut, d'une part, que le filet soit descendu à cette profondeur, et d'autre part que le prélèvement de l'échantillon soit réalisé de façon exclusive à la profondeur désirée. Le résultat est obtenu par l'utilisation de filets spécialement équipés dont l'ouverture et la fermeture sont télécommandées, en général grâce à l'action d'un poids, le « messenger », glissant jusqu'au filet le long du câble tracteur. En fait, lors des traits verticaux ascendants, seul le système de fermeture télécommandée est utile puisqu'il est reconnu que, dans ce cas, les filets ne pêchent pas de plancton lors de leur immersion à la profondeur désirée. De toutes façons, il est évident que l'efficacité du système par lequel se réalise la fermeture du filet (ou même, le cas échéant, son ouverture) influe sur la validité des échantillons ainsi récoltés.

Il est difficile de connaître exactement le volume d'eau filtrée par le filet à plancton lors du prélèvement de l'échantillon. Une première approximation consiste à multiplier la surface de l'embouchure du filet par la distance parcourue par celui-ci. Cependant cette évaluation représente le volume théoriquement filtré, qui est toujours supérieur au volume effectivement filtré en raison de la résistance qu'offre le tissu filtrant du filet au passage de l'eau à travers ses mailles. Cette résistance, évaluée par le « coefficient de filtration » varie d'ailleurs selon divers facteurs tels que la vitesse du trait, la forme et les proportions du filet ou les dimensions des mailles du tissu filtrant (dans un tissu à bluter, le pourcentage de vide diminue environ de 60 % à 30 % lorsque le vide de maille passe de 1 600 μ à 60 μ). L'utilisation d'un indicateur de flux, placé à l'embouchure du filet, peut permettre une estimation directe du volume filtré, mais les résultats obtenus avec ce type d'appareil sont souvent incertains. Il y a donc, en règle générale, une incertitude concernant le volume d'eau effectivement filtrée au cours du prélèvement des échantillons et, de ce fait, les évaluations, à partir de ces échantillons, de la densité des populations planctoniques restent soumises à une erreur quantitative.

Les filets à plancton ne prélèvent pas de façon égale les différents organismes planctoniques. Il y a, à cet égard, une certaine sélection : dans les échantillons récoltés, la proportion des individus d'une certaine espèce ou d'un certain type est plus faible qu'elle n'est en réalité dans les populations étudiées. Cette sélection qualitative est due à l'action de deux facteurs principaux :

— La sélection des mailles du filet : celle-ci dépend

évidemment des dimensions des mailles utilisées, mais il n'y a cependant pas concordance exacte entre les dimensions des mailles et les mensurations des animaux qui échappent au filet (SAVILLE, 1958). En outre, lors des traits prolongés ou lorsque les populations planctoniques sont très denses, il peut se produire un colmatage partiel, ce qui entraîne des modifications des caractéristiques du filet, en particulier en ce qui concerne la sélection des mailles.

— Les réactions de fuite des animaux les plus actifs devant des filets de petite taille ou devant des filets traînés à faible vitesse : dans ces deux cas, la proportion de ces animaux dans les échantillons sera anormalement basse. C'est ainsi, par exemple, que LEGAND (1958) estime qu'on récolte deux fois moins de larves de poissons le jour que la nuit, parce que, le jour, les larves voient le filet et l'évitent plus facilement que pendant la nuit.

**

Cette revue simplifiée des sources d'erreur qui entachent l'échantillonnage des populations planctoniques souligne les difficultés à résoudre lorsqu'on a en vue des recherches quantitatives sur le plancton. Aussi, dans le but non pas de diminuer ces erreurs, mais simplement de les rendre, dans une certaine mesure, fixes — et pour permettre la comparaison des résultats obtenus dans des aires maritimes différentes — les planctologues cherchent-ils actuellement à standardiser les méthodes de prélèvement des échantillons et à définir, en particulier, des modèles standards de filets à plancton destinés aux études quantitatives.

C'est ainsi que les spécialistes soviétiques utilisent des filets à plancton répondant à des normes bien précises (BOGOROV, 1957), qu'un filet standard a été proposé par CURRIE (1962) pour l'*Année internationale de l'Océan Indien* et que, dans sa réunion de 1960, le Comité Plancton de la *Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée* a adopté, à titre provisoire, un filet standard, du type JUDAY-BOGOROV, destiné aux pêches quantitatives en Méditerranée.

En ce qui concerne ce dernier filet, ses caractéristiques sont détaillées dans le rapport du président du Comité Plancton (TREGOUBOFF, 1961). Il fut d'ailleurs entendu que ce filet devait être soumis à des essais avant d'être adopté définitivement par le Comité.

La Division du Plancton de la Station marine

d'Endoume utilise depuis près de deux ans des filets conformes au type standard ainsi défini. Ces filets, employés en particulier dans des recherches sur les œufs et larves pélagiques de Téléostéens, ont donné satisfaction, mais l'appréciation précise de leurs possibilités nécessitait une étude plus détaillée, but du présent travail. Cette étude a porté sur l'efficacité du système de fermeture et sur les capacités de capture du filet standard comparé à d'autres types de filet.

EFFICACITÉ DU SYSTÈME DE FERMETURE. — En ce qui concerne le système de fermeture du filet standard, deux variantes *A* et *B* ont été proposées par le Comité Plancton.

La variante *A*, dérivée directement des filets utilisés par les planctonologues de l'U.R.S.S., comporte deux cercles métalliques. Sur le cercle antérieur, fixé à l'embouchure du filet, est attachée la « patte d'oie » servant à la traction. Sur l'autre cercle, fixé à la limite du tronc de cône en toile et du tronc de cône filtrant, est attachée une autre « patte d'oie » servant pendant les traits verticaux à supporter le poids nécessaire à l'immersion de l'appareil. Lors de la fermeture du filet, l'action du « messenger » a pour effet de détacher la « patte d'oie » antérieure du câble de traction. Le filet n'est plus alors retenu à ce dernier que par une simple corde fixée en un point quelconque du second cercle métallique. De ce fait, le tronc de cône en toile se rabat sur lui-même, ce qui réalise alors la fermeture désirée.

La variante *B* ne comporte que le cercle métallique antérieur auquel est attachée la « patte d'oie » de traction. Quant à la « patte d'oie » servant à supporter le poids, elle est fixée non plus sur le second cercle métallique qui n'existe pas dans cette variante *B*, mais sur la partie postérieure du tronc de cône en toile. La fermeture du filet s'effectue par étranglement du tronc de cône en toile grâce à un nœud coulant relié au câble de traction, selon un dispositif identique à celui du filet JESPERSEN.

J'ai effectué, à bord du navire « Antédon », de la Station marine d'Endoume, des essais de fermeture de filets de ces deux types *A* et *B* au cours de traits verticaux contrôlés par observation directe en plongée. Chacun des filets essayés était descendu, lesté d'un poids de 15 kg, à une profondeur de 25 à 50 mètres. Il était ensuite remonté à une vitesse de 40 cm seconde et fermé, sous l'action d'un messenger, à environ 10 m de profondeur. Ces observations ont permis de faire diverses constatations :

En raison de l'absence de ressort amortisseur (R.I. CURRIE et P. FOXTON, 1956) sur la potence supportant le câble de traction, les oscillations du tableau dues à la houle se traduisent, au moins pour les faibles profondeurs, et quel que soit le type de filet utilisé, par des variations brusques dans la vitesse de progression du filet. Il est très probable que ces variations sont préjudiciables à une filtration régulière de l'eau.

La fermeture du filet de type *A* s'accompagne de violentes secousses qui provoquent la sortie d'une partie de l'eau contenue à l'intérieur. En outre, lors de la remontée du filet fermé, les oscillations dues à la houle déterminent parfois sa réouverture partielle.

La fermeture du filet de type *B* offre plus de sécurité que celle du type précédent, le nœud coulant le fermant de façon plus étanche et plus irréversible. Mais en raison de l'absence sur ce type de filet du cercle métallique postérieur, les trois cordes de la « patte d'oie » supportant le poids de 15 kg compriment latéralement le filet, spécialement au niveau des trois points d'insertion de ces cordes sur le tronc de cône en toile. De ce fait, le filet a quelque peine à se déployer pleinement. En outre, aux endroits où les cordes de la « patte d'oie » compriment le tronc de cône filtrant il est à craindre que les frottements n'entraînent une usure prématurée du tissu.

Si on veut éviter ces inconvénients, il faut conserver le cercle métallique postérieur fixé au filet. J'ai donc voulu adapter une fermeture par étranglement (type JESPERSEN) sur un filet standard pourvu des deux cercles métalliques (type *A*). Mais les essais ont montré que, dans ce cas, la fermeture est imparfaite : la longueur du tronc de cône en toile est trop faible et après le déclenchement du mécanisme de fermeture du filet, il subsiste une ouverture circulaire dont le diamètre varie d'ailleurs avec les mouvements dus à la houle.

C'est ainsi que j'ai été amené à apporter une modification au filet standard et à essayer un filet *A'* conforme au type *A* mais dont la longueur du tronc de cône en toile avait été portée de 65 à 100 cm. Sur ce tronc de cône en toile a été adaptée une fermeture type JESPERSEN. Les essais de ce modèle *A'*, effectués toujours dans les mêmes conditions que les précédents, ont donné de bons résultats, tant au point de vue du déploiement complet du filet dans l'eau que de l'efficacité du système de fermeture qui est comparable à celle du filet du type *B*. Mais encore fallait-il s'assurer que cette modification n'affectait pas les capacités de capture du filet standard.

CAPACITÉS DE CAPTURE. — En ce qui concerne les capacités de capture de zooplancton, quatre filets ont été comparés :

(1) Un filet standard du type A, équipé d'une toile en tergal pour le tronc de cône antérieur et d'une demi-fausse-gaze à bluter, nylon, 250 μ , 27 mailles au centimètre linéaire, NF G 37-001, pour le tronc de cône postérieur filtrant, qui se termine par un collecteur à filtrage latéral de 25 cm de longueur et 5 cm pour le diamètre des deux orifices de fuite. Ces derniers sont obturés par des disques d'une demi-fausse-gaze à bluter identique à celle du filet lui-même.

(2) Un filet A', identique au précédent, sauf en ce qui concerne la longueur du tronc de cône antérieur qui est portée de 65 à 100 cm.

(3) Un filet JESPERSEN de 50 cm de diamètre à l'embouchure, 250 cm de longueur, équipé d'un taffetas à bluter, nylon, 56 μ , 94 mailles au centimètre linéaire, NF G 37-001 et muni d'un collecteur à filtrage terminal. Ce collecteur est pourvu d'un disque du même taffetas à bluter que le filet.

(4) Un filet C, constitué comme le filet A, de deux troncs de cône opposés, mais ayant des dimensions voisines de celles des filets employés à bord du navire océanographique russe « Vitiaz ». Diamètre de l'embouchure pourvue d'un cercle métallique : 80 cm. Diamètre de la base du tronc de cône antérieur, elle aussi munie d'un cercle métallique : 120 cm. Diamètre du collecteur terminal à filtrage latéral : 11 cm. Diamètre des deux orifices de fuite de ce collecteur : 7 cm. Longueur du tronc de cône antérieur en toile : 150 cm. Longueur du tronc de cône postérieur filtrant : 300 cm. Longueur du collecteur terminal : 30 cm. Le tronc de cône antérieur est en toile. Le tronc de cône postérieur filtrant est constitué de trois tranches successives de tissu à bluter, de l'avant vers l'arrière : un taffetas à bluter, nylon, 630 μ , 12 mailles au centimètre linéaire, NF G 37-001 ; une demi-fausse-gaze à bluter, nylon, 224 μ , 31 mailles au centimètre linéaire, NF G 37-001 ; un taffetas à bluter, nylon, 63 μ , 84 mailles au centimètre linéaire, NF G 37-001. Ces trois bandes de tissu filtrant ont respectivement une hauteur de 60, 78 et 162 cm, de manière à avoir toutes les trois une surface identique entre elles, ce qui permet d'estimer, en première approximation, qu'à travers chacune d'elle passera un tiers de l'eau totale filtrée. Le collecteur terminal est

équipé de disques d'un taffetas à bluter identique à celui de la bande la plus postérieure du tronc de cône filtrant.

Condition des essais. — Les essais, auxquels ont été soumis les quatre filets à comparer, visaient à évaluer le rendement propre de chaque filet, c'est-à-dire le nombre d'individus effectivement capturés en fonction du volume d'eau filtré. Il était donc indispensable qu'au cours de ces essais soient éliminés ou réduits au minimum deux types d'erreur : d'une part les erreurs dues à une perte éventuelle, lors de la fermeture du filet, d'animaux capturés, d'autre part les erreurs dues à la distribution hétérogène du plancton dans le milieu marin (erreur d'essaim). J'ai choisi d'éliminer le premier type d'erreur en m'abstenant d'utiliser le système de fermeture des filets à comparer. En outre, pour réduire au minimum l'erreur d'essaim, j'ai opté pour des traits horizontaux qui permettent de filtrer des volumes d'eau importants au milieu de populations planctoniques dont la composition spécifique reste homogène, au moins qualitativement. De plus, dans les traits horizontaux les oscillations dues à la houle s'effectuent dans une direction perpendiculaire au sens de progression du filet et non plus dans une direction parallèle, comme dans le cas des traits verticaux. De ce fait, la houle affecte moins la régularité de la filtration de l'eau et les résultats obtenus avec les différents filets sont alors plus comparables entre eux.

En pratique, les essais se sont déroulés de la façon suivante : au cours d'une première série d'essais comparatifs effectués le 7 juin 1962, par beau temps clair, dans le golfe de Marseille, les quatre filets à tester ont été traînés horizontalement à 5 mètres de profondeur, sur une distance de 630 m. Ce parcours de 630 m déterminé au préalable avec précision, est situé au Sud du château d'If, au-dessus de fonds de 25 à 30 m, et orienté N.E. - S.O. Sur ce parcours les filets essayés les uns après les autres ont tous été traînés dans le même sens, du N.E. au S.O.

Au cours d'une deuxième série d'essais effectués le même jour que le précédent, mais par temps nuageux, les filets ont été traînés horizontalement à 35 m de profondeur sur une distance de 540 m. Ce parcours de 540 m, déterminé, comme le précédent, par la méthode des alignements, est situé au Nord de l'île Ratonneau, au-dessus de fonds de 60 m environ et orienté à peu près Nord-Sud. Sur ce parcours les filets essayés ont tous été traînés dans le même sens, du Nord au Sud.

L'ordre dans lequel les divers filets ont été essayés

au cours de ces deux séries d'essais, les heures de début et fin de trait ainsi que la vitesse de progression de chaque filet (vitesse comprise approximativement entre 1 et 1,5 nœuds) sont indiqués dans le tableau annexé au présent travail.

Pour obtenir une profondeur de trait constante et connue (5 m dans le premier cas, 35 m dans le second) j'ai utilisé la méthode classique du flotteur (G. TREGOUBOFF et M. ROSE, 1957) : à l'anneau de jonction du câble de traction et de la « patte d'oie » antérieure des filets sont attachées deux cordes, l'une soutenant un poids de 15 kg, l'autre, reliée à un flotteur. Il a pu être vérifié par observations directes en plongée que dans ces conditions et pour les vitesses de trait utilisées au cours des essais, la profondeur à laquelle le filet pêche est effectivement déterminée par la longueur de la corde reliée au flotteur, au moins lorsque les profondeurs recherchées ne sont pas très importantes. C'est ainsi que, lors de la deuxième série d'essais, la profondeur effectivement atteinte par les filets, contrôlée par un depth-distance Recorder (S.M. MILLER, H.B. MOORE, K.R. KVAMMEN, 1953) dont la sensibilité dans la gamme de 0 à 200 m avait été augmentée, s'est avérée conforme aux prévisions.

Analyse quantitative des échantillons. — A la fin de chaque trait, l'échantillon de population représenté par le contenu du collecteur terminal du filet est prélevé et fixé au formol à 5 %.

Par la suite, chaque échantillon est analysé au laboratoire. Dans ces analyses, seuls les représentants du zooplancton ont été envisagés, puisqu'il est reconnu actuellement que les évaluations quantitatives des populations phytoplanctoniques basées sur des pêches au filet sont gravement erronées et qu'il est préférable d'utiliser pour cela des bouteilles de prélèvement d'eau (TRAVERS, 1962). Les divers éléments du zooplancton ont été comptés selon une méthode déjà utilisée à la Division du Plancton de la Station marine d'Endoume par LE TOURNEAU (1961) et perfectionnée depuis.

Le principe est le suivant : l'échantillon à analyser est disposé dans un récipient plat en verre, dont le fond, parfaitement plan, a une surface S (dans le cas présent $S = 306 \text{ cm}^2$). Il est réparti et homogénéisé avec soin sur toute l'étendue de la surface S . Puis un cylindre en verre, creux, à paroi mince et de section parfaitement plane est placé verticalement sur le fond du récipient de manière à isoler sur ce fond une surface s (dans le cas présent

$s = 4,15 \text{ cm}^2$) égale à la section du cylindre. Tous les éléments contenus dans la surface s sont alors prélevés à la pipette. Pendant cette opération il faut veiller à conserver le cylindre en verre appuyé bien verticalement sur le fond du récipient, de manière à empêcher tout échange d'organismes entre la surface s et la surface $S - s$. L'opération est répétée, selon l'abondance du plancton, en quatre ou cinq zones différentes de la surface S de façon à obtenir quatre ou cinq sous-échantillons représentatifs de l'ensemble de l'échantillon réparti sur la totalité de la surface S .

Chacun de ces quatre ou cinq sous-échantillons est alors disposé dans une cuve de DOLLFUS où, après une soigneuse homogénéisation les divers organismes sont comptés. Le comptage s'est effectué de deux manières possibles selon l'abondance des espèces.

— Pour les espèces ou groupes d'espèces peu représentés dans les échantillons, tous les individus présents dans la cuve de DOLLFUS sont comptés. On obtient ainsi directement, pour chacune de ces espèces, le nombre d'individus correspondant à chacun des quatre ou cinq sous-échantillons. La comparaison de ces quatre ou cinq nombres permet de vérifier la bonne homogénéisation de l'échantillon dans la surface S et leur moyenne, multi-

pliée par $\frac{S}{s}$ constitue une estimation de nombre d'indi-

vidus de chacune de ces espèces correspondant à la totalité de l'échantillon.

— Pour les espèces ou groupes d'espèces abondantes, il est impossible de compter tous les individus de la cuve DOLLFUS. Seuls sont donc comptés ceux présents dans huit groupements de deux ou quatre cases (selon la plus ou moins grande abondance de ces individus) choisis au préalable de manière à être régulièrement répartis dans l'ensemble des deux cents cases que compte la cuve de DOLLFUS. Pour l'ensemble de quatre ou cinq sous-échantillons d'un même échantillon et pour chaque espèce, on obtient ainsi trente-deux ou quarante nombres dont la

moyenne, multipliée par $\frac{200}{2} \cdot \frac{S}{s}$ (ou le cas échéant, par $\frac{200}{4} \cdot \frac{S}{s}$) constitue une estimation du nombre d'indi-

TABLEAU I. TABLEAU RÉCAPITULATIF DES RÉSULTATS INDICANT LES CARACTÉRISTIQUES DES ESSAIS
ET DONNANT POUR CHACUN D'EUX ET POUR CHAQUE ESPÈCE RÉCOLTÉE L'ÉVALUATION (AVEC, LE CAS ÉCHÉANT, SON ERREUR STANDARD)
DU NOMBRE D'INDIVIDUS PAR MÈTRE CUBE D'EAU THÉORIQUE FILTRÉ

	PREMIÈRE SÉRIE D'ESSAIS					DEUXIÈME SÉRIE D'ESSAIS			
Type de filet utilisé	A'	C	A	Jespersen	C	A	C	Jespersen	A'
Heure de début de trait . . .	9 h 29	9 h 53	10 h 34	10 h 59	11 h 27	13 h 53	14 h 25	15 h 13	15 h 47
Heure de fin de trait	9 h 42	10 h 13	10 h 47	11 h 11	11 h 48	14 h 08	14 h 47	15 h 30	16 h 03
Vitesse (en mètre/heure) . . .	2.880	1.890	2.880	3.150	1.800	2.160	1.470	1.908	2.022
ESPÈCES RÉCOLTÉES :									
<i>Globigerina bulloides</i> d'Orbigny.	0	0	0	0	0	0,1	2,4 ± 1,5	4,2	2,4
<i>Aulacantha scolymantha</i> Haec.	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0
CÉLÉNTÉRÉS									
<i>Lizzia blondina</i> Forbes	0,7	0,9	0	0	0,1	0,8	0,9	0,4	1,2
<i>Podocoryne carnea</i> Sars	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0
<i>Sarsia gemmifera</i> Forbes	0	0	0	0	0	0	0	0	1,1
<i>Obelia</i> sp	0,7	0	0	0	0	0,8	0	0	0
<i>Phialidium hemisphaericum</i> (L).	0	0,9	0	0	0	0	0	0	0,1
<i>Aglaure hemistoma</i> Per. et Les.	0	0	0	0	0	0	0,9	0	0
<i>Abylopsis tetragona</i> Otto	0	0	0	0	0,1	0	0	0,2	0
ANNÉLIDES POLYCHÊTES									
Larves de <i>Magelona</i> sp	0,1	42,4	0	174,0	26,0	0	2,4	8,7	0
Larves de <i>Spionidae</i>	0	0	0	3,0 ± 2,0	0	0	0	0	0
	0,1	42,4 ± 4,9	0	171,0 ± 16,3	26,0 ± 5,0	0	2,4 ± 1,5	8,7	0
MOLLUSQUES									
Véligères de Pélécypodes	5,4	21,9	6,1	42,2	12,7	11,0	26,3	71,3	16,4
Véligères de <i>Creseis</i> sp	0	1,5	0,1	2,2	0	0,8	4,1 ± 2,1	21,7 ± 6,4	0,1
Véligères de Gastéropodes	0	0	0	0	0,2	0,2	0	0,3	0
<i>Limacina inflata</i>	5,4	20,4 ± 5,6	6,0 ± 1,7	40,0 ± 12,5	12,4 ± 4,7	9,9	21,3 ± 4,1	49,3 ± 10,9	16,3 ± 3,5
	0	0	0	0	0,1	0,1	0,9	0	0
COPÉPODES									
<i>Calanus</i> sp	937,3	1187,5	485,9	1075,1	637,7	386,2	983,8	4351,3	737,6
<i>Calanus gracilis</i> Dana	3,3	2,8 ± 1,4	8,0 ± 2,6	4,0 ± 2,9	0,6	5,2 ± 2,0	4,9 ± 2,6	6,4	1,0
<i>Mecynocera clausi</i> Thompson . . .	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8
<i>Paracalanus parvus</i> Claus	0	0,1	0	0	0	0,8	2,6	0,2	0,3
<i>Calocalanus pavo</i> Dana	885,0 ± 43,2	405,0 ± 23,7	413,0 ± 30,7	218,0 ± 18,2	227,0 ± 18,0	276,7 ± 19,0	301,9 ± 26,5	525,4 ± 39,7	625,3 ± 42,4
<i>Clausocalanus arcuicornis</i> Dana . .	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0
<i>Temora stylifera</i> Dana	4,5 ± 1,6	8,0 ± 2,3	—	1,8	3,1	9,4 ± 2,5	28,1 ± 5,2	10,4 ± 4,4	17,4 ± 3,7
<i>Centropages typicus</i> Krøyer	0,1	0,7	0	0	0,7	0,3	0,8	0	0,3
<i>Isias clavipes</i> Boeck	17,8 ± 3,4	44,0 ± 5,4	14,0 ± 3,4	17,9 ± 5,4	10,0 ± 2,0	21,6 ± 4,5	41,8 ± 5,4	104,2 ± 14,5	48,7 ± 6,1
	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0
<i>Labidocera wollastoni</i> Lubbock . .	0,1	0,1	0	0	0,2	0,3	0,1	0	0,3
<i>Parapontella brevicornis</i> Lubbock	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0
<i>Acartia clausi</i> Giesbrecht	17,8 ± 4,9	45,0 ± 6,3	11,0 ± 2,9	53,7 ± 8,0	28,0 ± 5,4	17,4 ± 3,6	16,9 ± 3,2	56,3 ± 12,5	14,6 ± 3,9
<i>Oithona plumifera</i> Baird	0,1	2,1 ± 1,5	3,6 ± 1,6	1,7	0	7,6 ± 2,6	0,8	4,6	8,9
<i>Oithona</i> sp	3,1	162,0 ± 9,9	26,8 ± 5,8	165,0 ± 18,6	83,0 ± 9,0	21,6 ± 3,5	121,8 ± 12,2	228,0 ± 31,0	6,5
<i>Microsetella</i> sp						0	5,7 ± 2,4	47,3 ± 11,4	0
<i>Euterpina acutifrons</i> Claus						0,4	3,3 ± 2,0	8,3 ± 4,1	0
<i>Corycaeus</i> sp	5,5	130,0 ± 11,4	9,5 ± 2,6	137,0 ± 19,2	61,0 ± 10,0	7,6	4,1 ± 1,8	19,5 ± 6,9	9,0
Microcopépodes divers						15,4	126,1 ± 10,8	699,2 ± 44,6	4,5
Nauplii	0	387,0 ± 22,0	0	476,0 ± 35,5	224,0 ± 16,0	1,7	324,9 ± 21,2	2846,7 ± 116,6	0
LARVES DE CRUSTACÉS									
DÉCAPODES									
<i>Athanas nitescens</i> (Leach)	7,3	2,0	3,4	1,0	2,9	3,7	5,5	3,9	14,4
Carides div. (surtout <i>Processa</i> sp)	1,8	0,4	0,5	0,2	0,3	0,3	0,9	0,2	2,1
<i>Callinassa</i> sp	3,0	0,1	0,8	0,6	0,4	1,2	1,4	1,4	4,0
<i>Upogebia</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8
<i>Porcellana</i> sp	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
<i>Diogenidae</i>	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0,1
<i>Anapagurus chiroacanthus</i> (Lill.)	0	0,1	0	0	0,1	0,3	0,1	0	0
<i>Paguridae</i>	0	0	0	0	0	0,3	1,2	0,2	0
<i>Macropipus</i> sp (zoés)	0,4	0	1,1	0	1,4 ± 1,0	1,0	0	0,8	1,0
<i>Sirpus zariquievi</i> Gordon (zoés).	1,0	0,5	0,1	0,1	0,5	0,3	1,7	0,7	4,2
<i>Ebalia</i> sp (zoés)	1,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0	0	0,2	1,8
<i>Lambrus massena</i> Roux (zoés) . .	0,1	0,8	0,7	0	0	0	0,1	0,2	0
<i>Maia</i> sp (zoés)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3
	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0
CRUSTACÉS DIVERS									
<i>Evadne spinifera</i> Müller	18,3	12,1	15,4	9,4	8,2	19,0	15,5	25,9	40,5
<i>Podon intermedius</i> Lillejeborg . .	9,5 ± 3,1	2,5	8,3	3,2	1,4 ± 1,0	5,9 ± 2,8	3,3 ± 1,6	9,0	11,1 ± 4,0
<i>Conchoecia</i> sp	5,0 ± 1,8	0,9	1,1	0,1	0,1	2,8	4,5	10,0	16,3 ± 4,7
Nauplii de Cirripèdes	0	0	0	0	0	8,6	0,1	0	0
Laves Cypris	3,1	8,7 ± 2,7	6,0 ± 1,7	6,0 ± 2,9	6,5 ± 2,0	0,8	6,8 ± 2,4	4,6	10,4 ± 2,8
Nauplii d'Euphausiacés	0	0	0	0,1	0,1	0,3	0	0	0,8
Larves Calyptopsis	0,7	0	0	0	0,1	0,3	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0,8	2,3	1,9
APPENDICULAIRES									
<i>Oikopleura longicauda</i> Vogt. . . .	14,0	84,7	12,5	67,0	38,8	25,0	53,5	169,1	22,5
<i>Oikopleura</i> sp. (? <i>longicauda</i> juv.)	3,0 ± 1,4	0	3,6 ± 2,2	0,7	0	0	0	0	2,6
<i>Fritillaria</i> sp	11,0 ± 3,4	84,7 ± 6,3	8,9 ± 3,1	67,0 ± 11	38,0 ± 4,7	23,3 ± 4,9	52,7	168,9 ± 18,6	19,1 ± 4,3
	0	0	0	0	0,1	1,7	0,8	0,2	0,8
DIVERS									
Larves Cyphonautes de Bryo-	7,0	24,4	13,5	11,2	15,8	23,9	30,7	62,9	43,0
zoaires	0,1	13,8 ± 3,4	2,0 ± 1,2	8,9 ± 3,5	9,0 ± 2,7	5,2 ± 2,0	12,6 ± 3,4	23,6 ± 7,0	0,3
Plutei d'Echinodermes	1,4	5,1 ± 2,0	9,5 ± 2,7	1,7	3,0 ± 1,4	14,4	12,6 ± 3,7	36,8 ± 8,7	33,0 ± 6,0
<i>Sagitta</i> sp	0,1	1,5	0	0,2	0,1	1,1	0,9	0,2	0,3
Œufs de poissons	4,7	3,7	1,9	0	3,0 ± 1,4	1,5	4,3	1,5	5,6
Larves de poissons	0,7	0,3	0,1	0,4	0,7	1,7	0,3	0,8	3,8

dus correspondant à la totalité de l'échantillon. En outre, l'erreur standard de cette moyenne a été calculée de façon à donner une estimation de l'incertitude entraînée par cette technique de sous-échantillonnage.

De toutes façons, quelle que soit l'abondance des espèces et la manière de déterminer le nombre des individus présents dans chaque échantillon récolté, les résultats, calculés pour plus de soixante-cinq espèces ou groupes d'espèces du zooplancton ont été exprimés en nombre d'individus par m³ d'eau théoriquement filtrée (le volume théorique filtré est calculé pour chaque filet d'après la surface de l'embouchure et la distance parcourue, 630 m ou 540 m, selon le cas). Les résultats, exprimés sous cette forme, sont consignés dans le tableau 1 avec, le cas échéant, l'évaluation de l'erreur standard correspondante. Cette erreur standard s'est d'ailleurs avérée être en général de l'ordre de 10 à 20 % des résultats obtenus, ce qui est faible par rapport à la variabilité qui peut intervenir lors de l'échantillonnage lui-même (jusqu'à 300 % à la suite de l'erreur d'essaim). Il s'ensuit donc que la méthode d'analyse des échantillons par sous-échantillonnage au laboratoire entraîne moins d'imprécision que le milieu.

Interprétation des résultats. — Quatre remarques préliminaires s'imposent concernant l'interprétation de ces résultats.

D'une part, les indications du nombre d'animaux par m³ d'eau, obtenues pour chaque filet, sont toutes des « approximations par défaut », puisque les filets filtrent tous un volume d'eau inférieur au volume d'eau théorique filtré. C'est donc, pour une espèce ou un groupe d'espèces donné, le filet donnant l'évaluation maximum qui se rapproche le plus de la réalité.

D'autre part, on ne peut tirer de conclusions valables qu'à propos d'espèces abondantes dans le milieu marin prospecté, c'est-à-dire capturées en assez grand nombre par au moins un type de filet.

En outre, dans la comparaison des résultats obtenus avec les divers filets, il faut tenir compte de l'erreur d'essaim toujours possible. D'après CUSHING (1962), cette erreur d'essaim peut atteindre 300 % dans des cas très défavorables. Il m'a donc paru plus sûr de ne considérer comme réellement significatives que les différences de rendement, entre les divers filets, d'au moins 400 à 500 %.

Enfin, les résultats obtenus ne sont généralisables que pour des conditions analogues à celles des essais, en

particulier en ce qui concerne les populations planctoniques rencontrées : celles-ci se caractérisent par une prépondérance très marquée des organismes de dimensions inférieures à 1 ou 2 mm (microplancton) et par une quasi absence de mésoplancton et surtout de macroplancton).

Le tableau récapitulatif, examiné à la lumière des remarques qui précèdent, permet de faire les observations suivantes :

— Les jeunes larves de Spionidae (encore indéterminables spécifiquement) sont plus nombreuses lors de la première série d'essais qu'au cours de la deuxième. C'est le filet JESPERSEN qui en capture le plus, suivi d'ailleurs par le filet C. Les filets A et A' n'en capturent pratiquement pas.

— En ce qui concerne les larves Cyphonautes et les Véligrès de Gastéropodes on note un rendement légèrement plus élevé dans le cas du filet JESPERSEN et du filet C. Quant aux Véligrès de Pélécy-podes, c'est le filet JESPERSEN qui en capture le plus.

— Les Nauplii de Copépodes ne sont pratiquement pas capturés par les filets A et A', tandis qu'ils pullulent dans les produits des pêches du filet C et surtout du filet JESPERSEN. Par contre, les Nauplii de Cirripèdes, plus volumineux que les précédents, sont capturés de façon sensiblement égale par les quatre types de filet.

— Les Copépodes peuvent se répartir en deux groupes. Ceux de taille moyenne, représentés surtout par *Paracalanus parvus*, *Centropages typicus*, *Acartia clausi*, sont capturés également par les quatre types de filets. Par contre, les petits Copépodes sont capturés surtout par le filet JESPERSEN et le filet C ; ainsi *Oithona spp.* (à noter que *Oithona plumifera*, un peu plus grande que *A. helgolandica* ou *O. nana* et pourvue de grandes soies est capturée de façon égale par les quatre types de filets, mais la relative rareté de cette espèce dans les populations rencontrées diminue l'intérêt de cette observation), *Microsetella spp.* et les microcopépodes divers représentés essentiellement par de jeunes stades copépodites indéterminables.

— Les larves de Crustacés Décapodes, assez variées spécifiquement, sont cependant peu nombreuses dans ces pêches. Elles semblent capturées de façon analogue par les quatre filets.

— En ce qui concerne les larves Plutei d'Echino-

dermes, plus nombreuses au cours de la deuxième série d'essais, les quatre filets semblent avoir un rendement analogue.

— Enfin, les Appendiculaires, représentés essentiellement par de jeunes *Oikopleura* sp. (probablement *O. longicauda*) ont été capturés surtout par le filet JESPERSEN et le filet C, tandis que les filets A et A' semblent avoir eu un rendement inférieur.

Ces diverses observations permettent les déductions suivantes :

1°) Il n'y a pas de différence significative entre les capacités de capture des deux filets A et A'. L'allongement du tronc de cône antérieur en toile du filet standard ne semble donc pas avoir modifié ses performances, ce qui permet d'envisager l'adaptation d'une fermeture par étranglement sur un filet standard conservant ses deux cercles métalliques.

2°) Les filets A et A' ont un rendement bien inférieur à celui des deux autres filets en ce qui concerne les petits organismes. Par contre, pour les éléments plus gros, les résultats sont analogues pour les quatre filets. Ces observations sont à mettre en relation avec les différences de mailles adoptées pour les divers filets : 250 μ d'ouverture moyenne de mailles pour les filets A, A' ; 56 μ pour le filet JESPERSEN ; 630, 224 et 63 μ pour le filet C. Il apparaît donc que la maille proposée pour les filets A et A' est trop grosse pour retenir efficacement les plus petits organismes du zooplancton.

3°) Dans les conditions des essais, caractérisées par une absence à peu près totale de macroplancton et même de mésoplancton, les rendements des filets ne paraissent pas affectés par les dimensions de l'embouchure, les éventuelles réactions de fuite des animaux microplanctoniques devant être trop limitées pour jouer un rôle efficace lorsque l'embouchure du filet a un diamètre égal ou supérieur à 50 cm.

Il est difficile de tirer des *conclusions* générales et définitives de ces constatations basées sur des essais effectués dans des conditions bien précises. Cependant, il semble que l'on puisse tenir pour acquis que dans tous les cas où la biomasse planctonique sera représentée surtout par de petits éléments (la plupart des formes juvéniles par exemple), l'utilisation exclusive du filet standard tel qu'il avait été envisagé conduira à des évaluations quantitatives de cette biomasse inférieures à la réalité.

BIBLIOGRAPHIE

- ARON W. (1962). — Some aspects of sampling the macroplankton. *Cons. perm. intern. Explor. Mer., Proc. verb.*, 153 : 29-38.
- BARNES H. (1949). — A statistical study of the variation in vertical plankton hauls with special reference to loss of the catch with divided hauls. *J. mar. biol. Ass. U. K.*, 28 : 429-445.
- BOGOROV B.-G. (1957). — Unification of plankton research. *Ann. biol.*, Ser. 3, 33 : 299-315.
- CURRIE R.-I. (1962). — The Indian Ocean standard Net. *Nat. Inst. Oceanogr. intern. Rep.* B I, 9 p.
- CURRIE R.-I. et FOXTON P. (1956). — The Nansen closing method with vertical plankton nets. *J. mar. biol. Ass. U. K.*, 35 : 483-492.
- CUSHING D.-H. (1962). — Patchiness. *Cons. perm. intern. Explor. Mer. Rapp. Proc. verb.*, 153 : 152-164.
- HARDY A.-C. (1939). — Ecological investigations with the continuous Plankton Recorder : Object, Plan and Methods. *Hull Bull. mar. Ecol.*, 1, 1, 1-57.
- LEGAND M. (1958). — Variations diurnes du zooplancton autour de la Nouvelle-Calédonie. *O.R.S.T.O.M., Rapp. scient.*, 6, 42 p.
- LE TOURNEAU M. (1961). — Contribution à l'étude des Cladocères du Plankton du Golfe de Marseille. *Rec. Trav. St. mar. Endoume*, 36 : 123-151.
- MILLER S.-M., MOORE H.-B. et KVAMMEN K.-R. (1953). — Plankton of the Florida Current. I. General Conditions. *Bull. mar. Sci. Gulf Caribbean*, 2 : 465-485.
- NORME FRANÇAISE (1953). — Textiles. Tissus à bluter en soie naturelle et en textiles synthétiques. *N.F. G 37-001*.
- OSTENFELD C.-H. et JESPERSEN P. (1924). — Standard net for plankton collections. *Cons. perm. intern. Explor. Mer, Publ. Circonstance*, 84.
- SAVILLE A. (1958). — Mesh Selection in Plankton Nets. *Cons. perm. intern. Explor. Mar, J. Cons.*, 23 : 192-201.
- TRAVERS A. (1962). — Recherches sur le phytoplancton du Golfe de Marseille. I. Etude qualitative des Diatomées et des Dinoflagellés du Golfe de Marseille. *Rec. Trav. St. mar. Endoume*, 41 : 7-69.
- TREBOUBOFF G. (1961 a). Rapport sur les Travaux intéressant la Planctonologie méditerranéenne publiés entre juillet 1958 et octobre 1960. *Comm. intern. Explor. sci. Mer Médit., Rapp. Proc. verb.*, 16 : 33-89.
- TREBOUBOFF G. (1961 b). — Technique et méthodes des pêches quantitatives. *Ibid.*, 16 : 227-230.
- TREBOUBOFF G. et ROSE M. (1957). — *Manuel de Planctonologie méditerranéenne*. 2 vol. Paris, C.N.R.S., 587 p., 207 pl.
- WIBORG K.-F. (1962). — Estimations of numbers in the laboratory. *Cons. perm. intern. Explor. Mer, Rapp. Proc. verb.*, 153 : 74-77.